



최근 세계 이산화탄소 배출동향과 파리협정의 2° 목표 달성 가능성 분석



에너지경제연구원 선임연구위원 **노 동 운**
(dwroh@keei.re.kr)

1. 서론

유엔에서는 1992년에 기후변화협약(UNFCCC)이 채택되어 온실가스 감축을 통한 기후변화 방지노력이 지구적인 차원에서 본격적으로 시작되었다. 1997년에는 교토의정서가 채택되어 선진국이 온실가스 배출량을 1차 공약기간(2008~2012년)에 1990년 대비 5.2% 감축하는 목표를 설정하고 이를 달성했으며, 현재는 2차 공약기간(2013~2020년)의 감축노력을 기울이고 있다. 이러한 노력의 결과로 선진국의 온실가스 배출량은 감소하고 있으나 개도국의 배출량은 빠르게 증가하고 있어 기후변화 방지를 위해서는 모든 국가가 온실가스 감축에 참여할 필요가 있다는 공감대가 형성되었다. 2011년 남아공 더반에서 개최된 제17차 기후변화당사국총회에서는 2020년 이후에 모든 국가가 온실가스 감축에 참여하는 새로운 기후체제를 만드는 더반합의가 탄생했으며, 2015년 파리 기후변화총회에서 논의를 마무리하는 일정이 설정되었다.

선진국만 온실가스 감축 의무부담을 지고 있는 교토의정서 체제와 달리 모든 당사국이 기후변화 대응 노력에 참여하는 파리협정(Paris Agreement)이 2015년

말에 파리 기후변화당사국총회에서 채택되었다. 즉, 지구의 공통과제인 기후변화에 대응하기 위한 새로운 기후변화체제가 확립된 것이다. 파리협정에서는 지구 온도 상승목표를 2° 이내로 설정하되 1.5° 이내 상승을 달성하도록 노력한다고 규정되어 있으므로 모든 국가가 이에 상응하는 배출경로를 달성하기 위해 노력할 것으로 예상된다.

2014년에 이어 2015년에도 세계 경제는 3% 이상 성장했음에도 불구하고 연료연소에 의한 세계 이산화탄소 배출량은 2년 연속 정체된 것으로 확인되고 있다. 국제에너지기구(IEA)는 경제성장에도 불구하고 이산화탄소 배출량이 정체된 것은 온실가스 배출량 통계를 시작한 1975년 이후 처음 나타난 현상이라고 설명하고 있다. 경제성장과 온실가스 배출이 분리되는 탈동조화(decoupling)가 시작되었다는 긍정적인 평가가 나오고 있다. 우리나라의 온실가스 배출량 역시 지속적인 경제성장 속에서도 2010년 이후에 증가세가 확연하게 둔화되었고 2014년에는 배출량이 감소할 수 있다는 예상이 나오고 있어 세계적인 배출량 흐름과 비슷한 추이를 나타내고 있다.

2009년의 코펜하겐 기후변화총회 결과에 의해 선진국과 개도국이 2020년의 온실가스 감축목표 및 감

축공약을 제출했다. 이러한 감축공약을 이행해도 지구온도 2° 목표를 2020년까지 달성하기 어려울 것으로 예상되고 있다. 2015년 10월에는 147개 국가가 2030년 온실가스 감축목표를 포함한 119개의 자발적 기여(INDC)¹⁾를 유엔에 제출했으며 제출국가 숫자가 최근에는 192개로 늘어났다. 자발적 기여에 명기된 post-2020 감축목표를 성실하게 이행한다 할지라도 파리협정에서 지향하고 있는 지구온도 2° 이내 상승목표를 2030년까지 달성하기 어려울 것으로 예상되고 있다.

따라서 파리협정이 목표로 설정한 2° 이내 온도상승 목표를 달성하기 위해서는 2020년과 2030년의 감축 목표를 어느 정도 강화시켜야 하는지를 검토할 필요가 있다. 또한 2020년과 2030년의 온실가스 배출량 간극을 좁히기 위해서는 어느 부문에서 어떤 감축수단을 활용하는 것이 효율적인지에 대한 내용도 검토하는 것이 필요하다. 이러한 검토는 우리나라가 저탄소 경제 체제를 구축하기 위한 정책을 수립할 때 유용한 정보를 제공해줄 것으로 기대된다.

본고의 목적은 기존의 문헌조사를 통해 파리협정이 추구하고 있는 2° 배출경로를 달성할 수 있는 방안을 찾고 우리나라에 대한 시사점을 도출하는 것이다. 2절에서는 최근 세계 이산화탄소 배출동향과 배출량이 정제된 요인을 도출하고, 3절에서는 각국이 유엔에 제출한 2020년 감축목표와 2030년 자발적 기여(INDC)가 파리협정의 2° 이내 온도상승 제한을 달성할 수 있는지의 여부를 분석하며, 4절에서는 2° 온도목표 상승 제한을 달성할 수 있는 에너지부문의 중단기 전략과 장기 전략을 검토하고, 5절에서는 우리나라 정책에 대한

시사점을 도출하게 된다.

2. 최근 세계 온실가스 배출동향

가. 2013년 세계온실가스 배출

국제에너지기구(IEA)에 의하면 연료연소에 의해 발생한 세계의 2013년 이산화탄소(CO₂) 배출량은 2012년 대비 2.2% 증가한 약 321억 8,970만 tCO₂에 이른 것으로 나타났다. 이산화탄소 배출 증가율(2.2%)은 2012년 증가율(0.6%) 보다는 높지만 2000년 이후의 증가율(2.5%)에 비하면 낮은 수준이다. 2013년의 세계 경제는 전년대비 3.3% 성장했으나 온실가스 배출량은 경제성장보다 낮은 2.2% 증가에 그쳤다.

선진국의 배출량은 정체 내지 소폭 증가한 반면, 개도국의 배출량은 비교적 빠르게 증가했다. 부속서 I 국가의 석유사용 감소로 인한 배출량 감소(-1.1%)와 천연가스 사용증가로 인한 배출량 증가(1.4%)로 부속서 I 국가의 전체 배출량은 정체되었으며, OECD의 배출량도 0.4% 증가에 그쳤다. 반면 비부속서 I 국가의 배출량은 4.0% 증가했으며, 비OECD의 배출량도 3.5% 증가했다. 비부속서 I 국가의 배출량은 2008년부터 부속서 I 국가의 배출량을 상회하기 시작했으며, 비OECD 국가의 배출량은 2005년부터 OECD 국가의 배출량을 상회했다. 이는 2000년대에 들어서면서 개도국의 온실가스 배출량 증가가 세계 배출량 증가를 주도하고 있다는 점을 말해주고 있다.

2013년의 온실가스 다배출 국가에서 우리나라

1) INDC(Intended Nationally Determined Contribution)는 그동안 “자발적 국가 기여방안”으로 언급되었지만 본고에서는 “자발적 기여”로 통일했음.



(-0.5%)²⁾와 러시아(-0.4%)의 배출량은 감소한 반면 중국(5.4%), 미국(1.7%), 인도(5.0%), 일본(1.5%), 독일(2.0%)의 배출량은 증가했으며 특히 중국과 인도의 배출량이 가장 큰 폭으로 증가했다. 세계 상위 10개 다 배출 국가는 중국, 미국, 인도, 러시아, 일본, 독일, 한

국, 캐나다, 이란, 사우디 순이며, 중국과 미국의 배출량이 세계 이산화탄소 배출의 44%(141억 tCO₂), 상위 10개국의 배출량은 약 67%(216억 tCO₂)를 차지하고 있다. 상위 다배출 10개국은 5개 부속서 I 국가(미국, 러시아, 일본, 독일, 캐나다)와 5개 비부속서 I 국가(중

〈표 1〉 연료연소에 의한 세계 이산화탄소 배출량

(단위: 백만 tCO₂)

구분		1990	2000	2010	2012	2013	기간 증감율(%)	
							'90~'13	'12~'13
세계		20,623	23,322	29,838	31,491	32,190	56.1	2.2
기후협약	부속서 I	13,724	13,560	13,227	12,879	12,880	-62	-
	비부속서 I	6,268	8,908	15,485	17,516	18,211	190.5	4.0
OECD	OECD	11,006	12,447	12,306	11,990	12,038	9.4	0.4
	비OECD	8,987	10,021	16,406	18,405	19,053	112.0	3.5
주요 국가	중국	2,184	3,259	7,095	8,519	8,977	311.1	5.4
	미국	4,802	5,643	5,356	5,032	5,120	6.6	1.7
	인도	534	892	1,697	1,780	1,869	249.9	5.0
	러시아	2,163	1,474	1,529	1,551	1,543	- 28.7	- 0.4
	일본	1,049	1,157	1,127	1,217	1,235	17.7	1.5
	독일	940	812	759	745	760	- 19.2	2.0
	한국	232	432	561	575	572	147.0	-0.5

주: IEA, CO₂ Emissions from Fuel Combustion, 2015 edition
에너지경제연구원, 에너지인사이트, 2016.2.7에서 재인용

국, 인도, 한국, 이란, 사우디)로 구성되어 있다.

2013년 세계 온실가스 배출량에서 에너지부문(발전, 열생산)이 약 42%, 수송부문이 약 23%, 산업부문이 약 19%, 가정부문이 약 6%, 서비스부문이 약 3%, 기타부문(농업/임업, 발전과 열 이외의 에너지생산)이

약 7%를 차지했다. 이는 에너지부문과 수송부문이 온실가스 감축에서 가장 중요한 역할을 담당할 것이라는 점을 말해주고 있다. 에너지생산부문의 배출량 비중이 높은 것은 발전과 열 생산이 석탄에 집중적으로 의존하고 있기 때문인데 호주, 중국, 인도, 폴란드, 남아

2) 우리나라의 2015년 인벤토리보고서에 의하면 2013년 총 배출량(LULUCF 제외, 694.5 백만 tCO₂)은 2012년 대비 1.5% 증가했으며 연료연소부문의 배출량(601.7 백만 tCO₂)도 1.5% 증가한 것으로 나타나고 있어 국제에너지기구(IEA)의 통계와 차이가 나타나고 있음. 이는 통계추정 방법의 차이에서 비롯된 것으로 보임.

프리카공화국은 전력과 열 생산의 2/3 이상을 석탄에 의존하고 있어 향후 저탄소 경제구조 구축을 위해서는 발전부문의 저탄소화가 관건일 것으로 예상된다.

2013년의 세계 GDP당 이산화탄소 배출량은 0.37 kgCO₂/\$ (2005년 PPP 기준)으로 1990년 대비 27.8% 낮아졌다. 부속서 I 국가의 GDP당 이산화탄소 배출량은 0.32 kgCO₂/\$ (2005년 PPP 기준)이며, OECD는 0.52, 비부속서 I 국가의 집약도는 0.39 kgCO₂/\$이며, 비OECD의 집약도는 0.41 kgCO₂/\$이다. GDP당 이산화탄소 배출 집약도는 개도국보다는 선진국에서 더 큰 폭으로 하락했다. 부속서 I 국가의 GDP당 이산화탄소 배출량은 1990년의 0.53에서 2013년에는 0.32로 낮아져 38.5% 하락했으며, OECD는 1990년의 0.44에서 0.30으로 32.8% 하락했다. 반면 비부속서 I 국가의 집약도는 0.45에서

0.39로 13.5%, 비OECD의 집약도는 0.59에서 0.41로 30.1% 하락했다.

1990~2013년 기간의 온실가스 배출증감 요인분해 결과 인구증가와 경제성장이 주요 배출증가 요인이며, 에너지 집약도 개선은 배출감소 요인으로 나타났다. 부속서 I 국가의 이산화탄소 감소(약 -6%)는 경제의 에너지 집약도(ToE/GDP)와 에너지의 이산화탄소 집약도(GHG/ToE)가 배출감소에 기여한 반면 인구(POP)와 경제성장(GDP/POP)은 배출증가에 기여했다. 비부속서 I 국가의 이산화탄소 배출 증가(약 3배)는 인구증가와 경제성장 및 에너지의 이산화탄소 집약도는 배출증가 요인으로 작용한 반면 에너지 집약도와 에너지의 이산화탄소 집약도가 부속서 I 국가의 온실가스 감소에 기여함에 따라 부속서 I 국가를 중심으로 경

〈표 2〉 GDP당 이산화탄소 배출량

(단위: kg tCO₂/GDP, 2005년 PPP 기준)

구분		1990	2000	2010	2012	2013	'90~'13 기간증감율
세계		0.52	0.44	0.38	0.38	0.37	- 27.8
기후협약	부속서 I	0.53	0.42	0.35	0.33	0.32	- 38.5
	비부속서 I	0.45	0.41	0.39	0.40	0.39	- 13.5
OECD	OECD	0.44	0.38	0.32	0.30	0.30	- 32.8
	비OECD	0.59	0.48	0.42	0.42	0.41	- 30.1
주요국가	중국	1.45	0.80	0.65	0.66	0.64	- 55.6
	미국	0.58	0.49	0.39	0.36	0.35	- 39.2
	인도	0.39	0.38	0.33	0.33	0.32	-17.8
	러시아	1.16	1.17	0.76	0.71	0.70	- 39.5
	일본	0.32	0.32	0.28	0.30	0.30	- 5.2
	독일	0.44	0.32	0.27	0.25	0.26	- 41.6
	한국	0.49	0.47	0.39	0.38	0.37	- 25.0

자료: IEA, CO₂ Emissions from Fuel Combustion, 2015 edition

에너지경제연구원, 에너지인사이트, 2016.2.7에서 재인용



제 성장과 온실가스의 탈동조화(decoupling)가 나타났으나 비부속서 I 국가에서는 에너지믹스가 저탄소와 반대 방향으로 움직인 것으로 나타났다.

나. 2014년과 2015년 세계온실가스 배출

국제에너지기구(IEA)에 의하면, 2014년의 세계 경제는 전년대비 3.4% 성장했음에도 불구하고 연료연소에 의한 이산화탄소 배출량은 323억 tCO₂에 이르러 2013년 대비 변함이 없는 것으로 나타났다(IEA, 2015.3.13). 세계 경제가 성장했음에도 불구하고 이산화탄소 배출량이 증가하지 않은 것은 국제에너지기구가 이산화탄소 배출량 통계를 작성한 1975년 이후 40년 만에 처음 나타난 현상으로서 온실가스 감축정책에 따른 경제성장과 온실가스 배출의 탈동조화가 본격적으로 나타난 것으로 해석되고 있다. 이산화탄소 배출량이 전년대비 감소 내지 정체한 것은 1980년대 초의 제2차 석유위기, 1992년의 구소련 붕괴, 2009년의 세계 금융위기 등 1975년 이후 지금까지 세 번 있었는데, 모두 경기침체가 이산화탄소 배출량 감소의 원인이었다.

2014년에 세계 이산화탄소 배출량이 정체된 요인은 신재생에너지 발전의 빠른 확대, 중국과 OECD의 에너지 소비행태 변화에서 비롯된 것으로 나타나고 있다. 2014년에 중국에서는 태양광, 풍력, 수력과 같은 신재생에너지 발전이 크게 증가한 반면 석탄화력발전은 감소했다. 2014년에 신규 추가된 발전용량의 절반은 중국, 미국, 일본, 독일의 신재생에너지가 차지했으며, 신재생에너지 투자액은 \$2,700억 달러로 증가하고, 신재생에너지 발전단가는 지속적으로 하락했다.

에너지효율 개선과 화석연료 보조금 폐지 등과 같은 정책도 온실가스 감축에 기여한 것으로 나타나고 있다. 중국을 포함한 일부 국가의 에너지효율 개선 및 산업구조 조정으로 세계 에너지 집약도는 2.3% 하락했는데 이는 지난 10년 간 평균 감소율 대비 2배 이상 높은 수준이다. 세계 에너지 관련 CO₂ 배출량의 약 11%는 탄소시장이 운용되고 있는 지역(CO₂ 평균 가격은 톤당 \$7)에서 발생하였으며, 약 13%는 화석연료 소비에 대한 보조금이 지급되고 있는 지역(CO₂ 톤당 \$115 수준)에서 발생하였다. 그러나 EU에서는 EU ETS 개정이 추진되고 있으며, 인도, 인도네시아, 말레이시아, 태국 등에서는 지속되는 저유가 상황으로 화석연료에 대한 보조금을 폐지하는 고무적인 정책변화가 나타나고 있다.

OECD의 에너지효율 개선, 온난한 기온, 발전부문의 저탄소화도 경제성장과 이산화탄소 배출량의 탈동조화에 기여했다. 2014년 OECD(34개 회원국)의 이산화탄소 배출량은 전년대비 1.4% 감소한 119억 tCO₂에 이른 반면, GDP는 2.2% 성장했다(IEA, 2016.5.6).³⁾ OECD의 2014년 이산화탄소 배출량은 2009년 배출량에 비해 약간 높은 수준인데 반해 동 기간에 경제성장율은 10%를 상회함에 따라 경제성장과 이산화탄소 배출의 탈동조화가 명백하게 나타나고 있다. 2009~2014년 기간에 경제성장(약 +10%)에 의한 이산화탄소 배출량 증가는 에너지 집약도(TOE/GDP) 개선(약 -8%)에 의해 대부분 상쇄되었으며 일부는 에너지의 온실가스 집약도(GHG/TOE) 개선(-0.3%)에 의해서도 상쇄되었다(IEA, 2016). 1990~2014년 기간에는 에너지효율 개선과 탈동조화 추이가 더욱 뚜렷하게 나타나고 있다. 2014년의 이산화탄소 배출량은

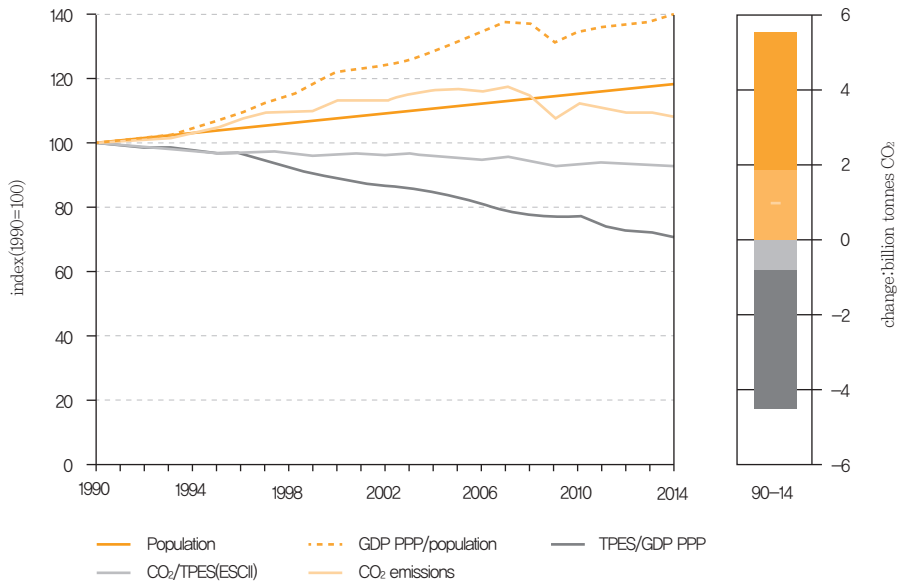
3) 2014년 OECD의 에너지생산은 약 4% 증가했지만 에너지 소비는 감소한 것으로 나타나고 있음.

1990년 배출량에 비해 8% 높은 수준인 반면 실질GDP는 60% 이상 증가했다는 점이 탈동조화를 말해주고 있다. 또한 동 기간에 에너지 집약도는 대폭 개선(약 -29%)되었으나, 에너지의 온실가스 집약도는 소폭 개

선(약 -7%)에 그친 점은 에너지효율 개선이 배출량 감소에 기여했다는 점을 말해주고 있다.

OECD 발전부문의 이산화탄소 집약도는 신재생에너지 발전 확대로 하락하고 있다. 수력발전 비중은 약

[그림 1] OECD의 탈동조화 추이



자료: IEA, Recent Trends in the OECD: Energy and CO₂ Emissions(2016 preliminary), May 2016

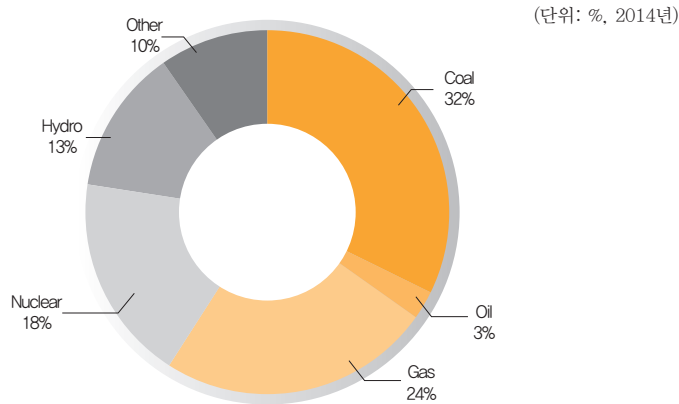
13%로 증대되었고 기타 신재생발전(지열, 태양광, 풍력, 조력, 바이오연료, 폐기물 및 열) 비중도 약 10%까지 증대되었다. 2014년 OECD 발전부문의 이산화탄소 집약도는 지금까지 가장 낮은 420 gCO₂/KWh에 이르러 2013년 대비 약 2%, 1990년 대비 약 20% 낮아졌다. 저비용의 발전수단이 비교적 많은 유럽지역 OECD에서는 신재생발전 비중의 빠른 확대(2008년의 약 21%에서 2014년 약 31%로 확대)로, 미주 OECD에

서는 신재생발전의 확대(2008년의 약 16%에서 2014년 약 20%로 확대)와 연료전환(석탄화력발전을 천연가스 화력발전이 대체)으로 집약도가 개선되었다. 반면 일본 후쿠시마 지진 여파로 아시아 OECD에서는 집약도가 빠르게 나빠졌다.

2014년에 이어 2015년에도 세계 경제는 3.1% 성장했음에도 불구하고 연료연소에 의한 이산화탄소 잠정 배출량은 321억 tCO₂에 이르러 2014년 배출량



[그림 2] OECD의 연료별 발전량 구성



자료: IEA, Decoupling of global emissions and economic growth confirmed, 16 March 2016

(323억 tCO₂) 대비 정체 내지 감소한 것으로 나타나고 있다(IEA, 2016.3.16). 2014년부터 2년 연속 경제성장과 이산화탄소 배출량 감소가 이어져 경제성장과 이산화탄소 배출량의 탈동조화 추이가 명확하게 나타난 것으로 평가되고 있다. 2014년의 경우와 같이 2015년에도 신재생에너지 발전 증가가 이산화탄소 배출량 정체에 가장 큰 기여를 했는데, 2015년 신규 발전용량의 약 90%를 신재생 에너지 발전이 차지했으며, 특히 풍력발전이 전체 신규 발전의 50% 이상을 차지한 것으로 나타났다.

세계 최대 온실가스 배출국인 중국과 미국의 2015년 이산화탄소 배출량이 각각 1.5%, 2.0% 감소하여 개도국의 배출량 증가를 상쇄함으로써 세계 이산화탄소 배출량이 감소했다. 중국에서는 에너지집약 산업에서 저탄소 산업으로의 구조변화와 발전부문의 저탄소 정책으로 인해 이산화탄소 배출량이 감소했다. 2011년에 전력생산의 약 80%를 담당했던 석탄의 비중이 2015년에는 약 70%로 하락한 반면, 수력이나 풍력과 같은 신재생에너지 발전비중은 약 19%에서 약 28%로 상승함에 따라 발전부문에서의 석탄

〈표 3〉 세계 경제성장과 연료연소에 의한 이산화탄소 배출량 추이

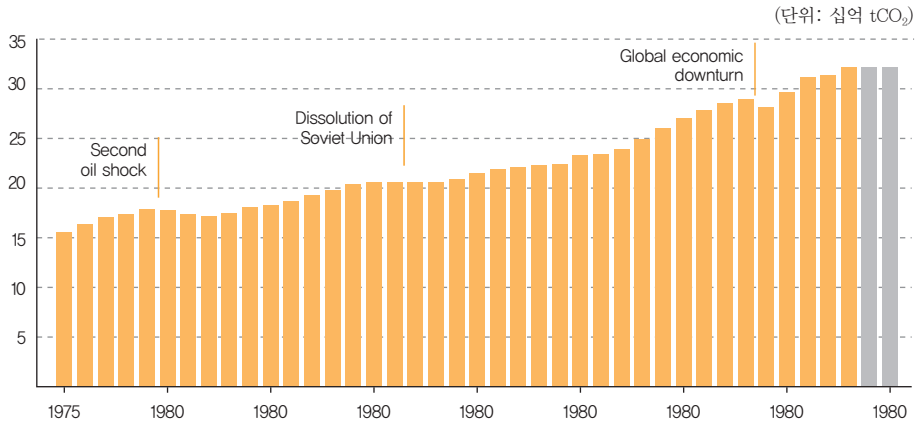
구분	실질GDP	CO ₂ 배출량	
		배출량(억 tCO ₂)	전년대비 증가율
2013	3.3%	322	+ 2.2%
2014	3.4%	323	+ 0.3%
2015	3.1%	321	- 0.6%

자료: IEA, IMF에 의거하여 작성

사용이 감소했다. 미국에서는 천연가스 발전이 석탄 화력 발전을 대체함으로써 온실가스 배출량이 감소했다. 아시아지역과 중동지역 개도국과 유럽지역에

서는 이산화탄소 배출량이 증가했으나 중국과 미국의 배출량 감소가 이를 상쇄함에 따라 세계 배출량이 감소한 것이다.

[그림 3] 연료연소에 의한 세계 이산화탄소 배출량 추이



자료: IEA, Decoupling of global emissions and economic growth confirmed, 16 March 2016

3. 자발적 기여(INDC)의 온실가스 감축 목표 달성가능성 분석

가. 자발적 기여 개요

유엔 기후변화협약(UNFCCC) 사무국은 제19차 및 제20차 기후변화당사국총회(COP)의 결정(1/CP. 19, 1/CP. 20)에 의거하여, 147개 당사국이 2015년 10월 1일까지 제출한 119개(EU의 28개 회원국은 1개의 INDC로 계산)의 자발적 기여(INDC)를 취합하고, 자발적 기여의 배출량이 미래의 세계 온실가스 배출에

미치는 영향을 분석한 종합보고서(Synthesis Report)를 2015년 10월 30일에 발간했다. 종합보고서는 주로 2030년의 온실가스 감축목표를 포함한 기후변화 완화(감축)와 관련된 정보뿐만 아니라 적응계획이나 개도국 지원과 관련된 정보를 담고 있다.

사무국은 자발적 기여(INDC) 이행 시 2025년과 2030년의 세계 연간 및 누적 온실가스 배출량을 추정하고, 이를 과거(1990, 2000, 2010) 배출량, 2020년 이전의 감축공약(pre-INDC) 이행 시의 배출량, 지구 온도 2° 이내 상승목표를 최소비용으로 달성할 배출량과 비교했다.⁴⁾ 또한 기후변화에 대응하기 위한 협력방

4) 사무국은 147개 당사국이 제출한 정보가 세계의 전체 배출량을 포괄하지 않을 뿐만 아니라 자발적 기여에 누락된 부문과 온실가스가 있기 때문에 IPCC 시나리오를 활용하여 자발적 기여를 제출하지 않은 국가의 배출량을 대체했음.



안과 함께 적응에 대한 정보도 취합했다. 119개의 자발적 기여는 기후변화협약 당사국의 약 75%, 2010년 세계 온실가스 배출량의 약 86%를 차지하고 있다. 감축에 대한 정보는 모든 당사국이 제출했으며 적응에 관한 정보는 100개 국가가 제출했다. 탄소시장, 자발적 기여 이행에 필요한 지원(재정, 기술이전 및 개발, 능력형성)에 관한 정보도 포함하고 있다.

나. 자발적 기여의 온실가스 감축목표

종합보고서에 의하면, 대부분의 국가는 다양한 형태

의 감축목표를 통해 국가단위의 2030년 혹은 2025년의 온실가스 감축목표를 설정했으며 정량화된 감축목표를 제출한 국가가 많은 편이다. 미래의 기준 배출량(BAU) 대비 감축율(상대목표)을 설정한 국가는 전체의 60%, 과거 기준년도 대비 감축율(절대목표)을 설정한 국가는 30%, 정책 및 감축행동을 통한 감축목표는 20%, 집약도 목표는 8%, 일부 국가는 배출정점을 설정하기도 했다. 상대목표 감축율의 범위는 1.5%에서 89%, 절대목표 감축율은 9.8%~90%⁵⁾, 집약도 목표(GHG/GDP, 1인당 GHG)는 기준년도(2005, 2010) 대비 13~65% 개선에 이르고 있다. 일부 국가는 토지이용(LULUCF), 신

〈표 4〉 온실가스 감축목표 형식 및 감축율

감축목표 형식	비중	감축율 범위
상대목표	60%	1.5%~89%
절대목표	30%	9.8%~90%
정책 및 행동	20%	-
집약도목표	8%	13%~65%
배출정점	3%	(2030년)
기타	1%	-

자료: UNFCCC, Synthesis report on the aggregate effect of the intended nationally determined contributions(2015,10,30)에 의거하여 작성

재생에너지 목표(에너지믹스 비중, 설비용량, 발전량, 보급률 등)를 국가목표에 포함시켰다.

많은 국가가 협상결과(ADP), 다른 국가의 노력수준, 시장메커니즘 이용 가능성, 재정과 기술이전 및 기술협력 이용정도, 능력형성에 대한 지원정도 등을 자발적 기여 이행조건으로 설정했다. 이러한 조건부

감축율은 비조건 감축목표에 비해 2%~53% 높은 수준으로 설정되어 있다. 일부 국가는 2050년까지의 감축율, BAU나 기준년도 대비 감축 혹은 1인당 배출량 감축이나 탄소중립 등의 장기비전을 설정하기도 했다.

자발적 기여 감축목표의 기준년도는 1990년이 가

5) 일부 국가는 탄소중립을 달성할 년도를 설정하기도 했음.

장 많은 편이고 그 외에 다양한 년도(2005, 2000, 2010, 2013, 2014, 2015)가 제시되었으며, 목표년도는 2030년이 대부분이며 일부 국가는 2025년을 제시했다. 따라서 코펜하겐 총회 결과로 이미 2020년 감축목표를 제시했기 때문에 자발적 기여의 이행기간은 5(2021~2025)이나 10년(2021~2030)이라고 할 수 있다. 자발적 기여의 온실가스 감축대상은 온실가스 배출원(에너지, 산업공정, 농업, LULUCF, 폐기물)이며 6개 온실가스(CO₂, CH₄, N₂O, HFC_s, PFC_s, SF₆) 외에 NF₃를 포함한 국가도 있다. 배출량 산정과 관련

된 가정과 방법론은 대부분 IPCC의 방법론을 사용했으며, 이산화탄소 등가 방법으로 IPCC의 제2차 평가보고서와 제4차 평가보고서의 지구온난화지수(GWP)를 사용했으나 일부 국가는 지구온도지수(GTP)를 사용했다. 대부분 당사국이 LULUCF의 배출량 및 흡수량 관련 정보를 제공했지만 구체적인 방법론과 가정에 대한 정보는 제공하지 않았다. 일부 국가는 기준배출량(BAU) 전망 관련 가정(GDP, 인구 등)이나 방법론에 관한 정보를 제공했으며 자발적 기여의 승인 및 이행을 위한 자국내 절차와 계획을 서술했다.

〈표 5〉 온실가스 감축목표 관련 정보

구분	주요내용
기준년도	1990, 2000, 2005, 2010, 2013, 2014, 2015
목표년도	2030, 2025
이행기간	5~10년(2021~2030, 2021~2025)
감축대상부문	에너지, 산업공정, 농업, LULUCF, 폐기물
온실가스	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFC _s , PFC _s , SF ₆ (NF ₃)
CO ₂ 환산	GWP(2AR, 4AR), GTP

자료: UNFCCC, Synthesis report on the aggregate effect of the intended nationally determined contributions(2015.10.30)에 의거하여 작성

온실가스 감축 가능분야는 신재생에너지, 에너지효율, 지속가능 수송수단, 탄소 포집 및 저장(CCS), 산림 보존과 지속 가능한 관리, 비이산화탄소 온실가스 감축이 강조되었다. 구체적인 감축정책은 전력망 현대화, 신재생에너지 목표, 청정에너지 투자 촉진을 위한 금융계획, 환경세, 보조금 개혁, 연비 및 에너지절약 목표, 저배출 농업과 폐기물 관리 프로그램, 산림보존 촉진과 산림파괴 축소 등이 제안되었다.

대부분 국가는 다양한 기준을 사용하여 자국의 감축목표가 의욕적(ambitious)이고 공정(fair)하며 기후변

화협약의 목적에 기여하고 있다는 점을 강조했다. 감축행동의 원칙으로는 모든 국가의 참여, 공평성, 공통의 차별화된 책임과 능력(CBDR&RC), 국가여건 등을 강조했으며 국가여건으로는 국토면적, 기후조건, 천연자원 부존량, 에너지여건, 경제 및 사회적 추이, 기후변화 취약성을 언급했다. 공정성을 평가하는 기준으로 는 책임, 능력, 감축 잠재량 및 감축비용, 감축노력 강화, 협약 목적과의 연계 등을 제시했다. 자국의 감축목표가 의욕적이라는 점을 강조하기 위해 자발적 기여의 감축목표가 현재의 감축노력에 비해 진전된 수준이라



는 점을 강조하면서 탈동조화 추이 및 가속화, 기준배출량(BAU) 대비 감축, 1인당 배출량 감소, 배출량 정점 시기, 감축목표의 법제화, 개도국 지원 등을 사용했

다. 절반 이상의 국가가 탄소시장 메커니즘을 감축목표 달성에 활용할 계획이라고 밝혔다.

〈표 6〉 자국의 감축목표 공정성 및 의욕성 평가 기준

구분	주요내용
감축 원칙	모든 국가 참여, 공정성, 공통의 차별화된 책임과 능력, 국가여건
국가여건	국토면적, 기후조건, 천연자원 부존량, 에너지 여건, 경제 및 사회적 추이, 기후변화 취약성
공평성	책임, 능력, 감축 잠재력, 감축비용, 감축노력강화, 협약목적과의 연계
의욕적	탈동조화 및 탈동조화 가속화, BAU 대비 감축, 1인당 배출량 감소, 배출정점 시기, 감축목표 법제화, 개도국 지원

자료: UNFCCC, Synthesis report on the aggregate effect of the intended nationally determined contributions(2015.10.30)에 의거하여 작성

다. 자발적 기여의 온실가스 감축목표 달성가능성

각국이 제출한 자발적 기여가 이행되면 2025년의 세계 온실가스 배출량(LULUCF 포함)은 552억 tCO₂, 2030년에는 567억 tCO₂에 이를 전망이다. 2025년과 2030년 온실가스 배출량은 1990년 배출량 대비 37~52%, 2000년과 2010년 배출량 대비 각각 32~45%, 11~22% 높은 수준에 이르러 자발적 기여가 이행되어도 세계 온실가스 배출량은 2030년까지

지속적으로 증가할 전망이다.

1인당 온실가스 배출량은 2025년에 6.8 tCO₂, 2030년에 6.7 tCO₂에 이르러 1990년 수준에 비해 각각 8%, 9% 높은 수준에 이를 전망이다. 2011년 이후의 세계 온실가스 누적 배출량은 2025년에 5,417억 tCO₂, 2030년에 7,482억 tCO₂에 이를 전망이다. 2°온도 상승을 위해서는 2011년 이후의 세계 온실가스 누적 배출량을 1조 tCO₂으로 유지해야 하기 때문에, 자발적 기여를 이행해도 누적 배출량은

〈표 7〉 세계 온실가스 배출경로

(단위: 억 tCO₂)

구분	2025년	2030년
기준 배출량(BAU)	582	650
pre-INDC 배출량	580	603
INDC 배출량 (2°배출량 대비)	552 (+87)	567 (+151)
최소비용의 2°배출량	443	427
누적 배출량(2011-)	5,417	7,482

자료: UNFCCC, Synthesis report on the aggregate effect of the intended nationally determined contributions(2015.10.30)에 의거하여 작성

2030년에 탄소예산의 75%를 소진하게 될 것으로 전망된다.

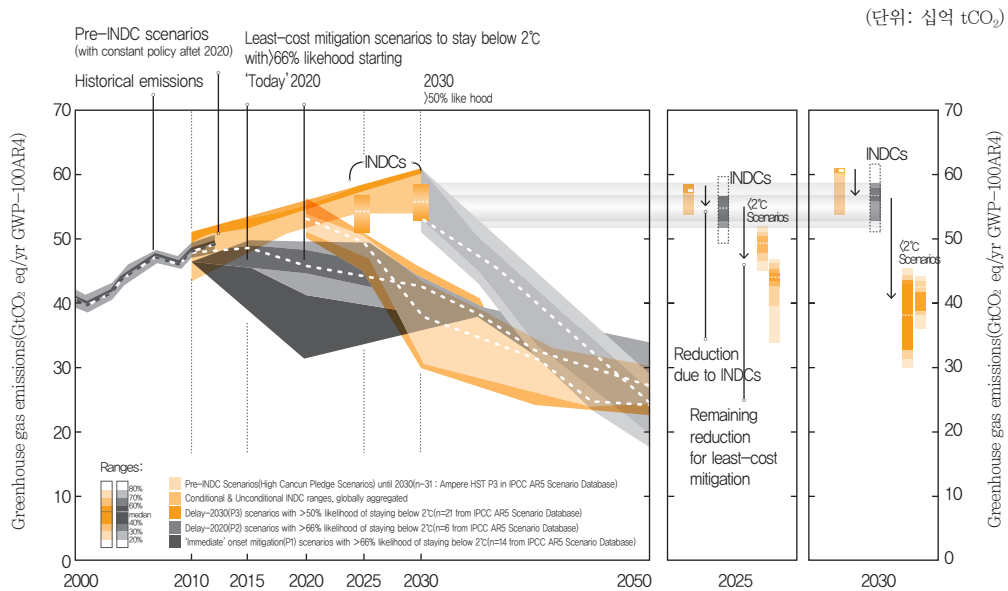
자발적 기여 이행으로 2025년의 배출량(552억 tCO₂)과 2030년의 배출량(567억 tCO₂)은 자발적 기여 이전의 세계 온실가스 배출량(pre-INDC 배출량)에 비해 각각 28억 tCO₂, 36억 tCO₂ 낮아질 것으로 전망된다. 조건부 자발적 기여의 경우에는 배출량이 2025년과 2030년에 각각 10억 tCO₂, 19억 tCO₂ 더 낮아질 전망이다.

최소비용으로 달성하는 2° 이내 상승 배출량은 2025

년과 2030년에 각각 443억 tCO₂에, 427억 tCO₂에 이를 전망이다. 자발적 기여 배출량은 최소비용의 2° 배출량에 비하면 2025년과 2030년에 각각 87억 tCO₂, 151억 tCO₂ 높을 것으로 전망된다. 따라서 자발적 기여가 이행된다 할지라도 2025년과 2030년의 배출량은 최소비용의 2° 온도 배출경로에 들어가지 못할 것으로 전망된다. 이러한 간극은 2° 배출량 경로를 달성하기 위해 자발적 기여의 감축목표를 약 27% 강화시켜야 한다는 점을 말해주고 있다.

이러한 배출경로를 그림으로 나타내면 [그림 4]와 같다.

[그림 4] 자발적 기여(INDC) 이행으로 인한 세계 온실가스배출량



자료: UNFCCC, Synthesis report on the aggregate effect of the intended nationally determined contributions, 30 October 2015

따라서 세계 온실가스 배출량이 2° 목표 배출량에 근접하기 위해서는 자발적 기여의 감축목표를 2030년 이전까지 강화해야 할 뿐만 아니라 2030년 이후에도 감축

행동을 강화해야 할 것으로 예상된다. 만약 감축행동을 2025년 이후에 강화하면 2° 목표 달성을 위해 더욱 큰 폭의 온실가스 감축을 달성해야 하는 부담을 지게 될 것이

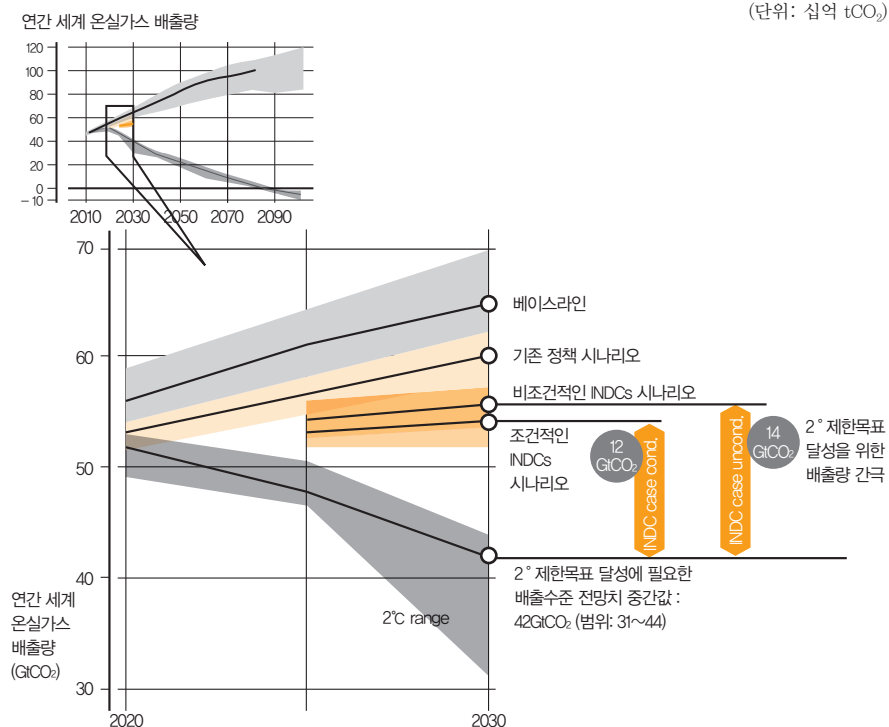


다. 최소비용의 2° 목표 시나리오는 감축행동을 2010년 이나 2020년 이전에 강화하여 연간 온실가스 감축율을 1.6% 속도로 감축해야 하지만 감축행동을 2030년 이후에 시작하면 연간 감축율은 3.3%로 높아져야 한다.

UNEP는 비조건부 자발적 기여를 이행할 경우, 배

출량이 2030년에 2° 배출경로에 비해 140억 tCO₂, 조건부 감축목표는 120억 tCO₂ 높을 것으로 예상하고 있다. 기후변화협약 사무국은 2030년 비조건부 감축목표와 2° 배출량과의 간극을 151억 tCO₂, 조건부 감축목표의 경우에는 115억 tCO₂으로 제시하고 있다.

[그림 5] 세계 온실가스 기준 배출량(BAU)과 2° 목표 배출량



자료: UNEP, The Emissions Gap Report 2015, 2015

각국이 제출한 자발적 기여가 2030년까지 2° 온도 목표를 달성하는데 미흡한 수준이지만 2° 목표를 달성할 수 있는 기반을 구축했다는 측면에서 긍정적인 역할을 한 것으로 평가된다. 특히 2° 목표를 달성하기 위해서는 기술개발 및 2030년 이후의 감축행동을 강화

해야 한다는 강한 신호를 보내주었다는 점이 높게 평가되며, 다음과 같은 긍정적인 역할을 한 것으로 나타나고 있다. 첫째, 많은 국가가 온실가스 감축에 참여하게 되었다. 코펜하겐 어코드에 의해서는 61개 국가가 2020년 감축공약을 제출했지만 자발적 기여 도입으로

191개국(2016년 5월 기준)이 감축목표를 설정하게 되었다. 둘째, 자발적 기여 수립으로 많은 국가가 기후변화에 대응하기 위한 저탄소 정책 및 제도를 수립할 것으로 예상된다. 셋째, 기후변화 대응을 위한 국제협력이 보다 강화될 것이다. 넷째, 자발적 기여 수립으로 pre-2020 감축목표에 비해 강화된 감축목표를 설정하게 되었다. 이러한 움직임으로 볼 때 각국이 자발적 기여 수립을 통해 기후변화에 대응하기 위한 적극적인 인식이 확립되었다고 볼 수 있다.

4. 파리협정의 2° 온도 목표 달성방안

가. 에너지부문의 중단기 온실가스 감축전략

온실가스 배출량의 대부분이 에너지소비에서 발생하고 있기 때문에 온실가스를 감축하기 위해서는 에너지부문의 저탄소화가 추진될 필요가 있다. 특히 에너지부문에서 가장 높은 배출비중을 차지하고 있는 발전부문의 저탄소화가 에너지부문 저탄소화의 핵심이라고 할 수 있다. 아울러 에너지효율 개선은 지속적으로 추진되어야 하며, 수송부문과 산업부문의 저탄소화도 추진될 필요가 있다.

국제에너지기구(IEA)는 에너지부문의 저탄소화를 달성하기 위한 중장기(2015~2030년) 전략으로, 1) 산업 및 건물·수송부문에서의 에너지효율 개선, 2) 효율이 낮은 석탄화력발전소의 점진적 폐지와 석탄화력발전소의 신규 건설 금지, 3) 발전부문에서 재생에너지 기술에 대한 투자 대폭 확대(2014년 \$2,700억에서 2030년 \$4,000억까지 확대), 4) 2030년까지 최종소비자에 대한 화석연료 보조금 점진적 폐지, 5) 석유 및 가스 생산과정의 메탄 배출 감축을 제시하고 있다.

이러한 정책을 추진하면 단기적(2020년까지)으로 경제가 성장하면서 석유 및 석탄소비 증가율이 둔화되고 재생에너지 사용이 확대되어 에너지부문의 저탄소화가 달성되고 세계 이산화탄소 배출량이 2020년에 정점에 도달할 수 있을 것으로 예상하고 있다. 이러한 중단기적인 전략은 2040년 이후의 장기적인 저탄소 전략으로 연계되어 지구온도 2° 상승 목표를 달성할 수 있을 것으로 기대되고 있다. 즉, 석탄소비는 2020년 이전에 정점에 도달한 이후 감소세로 전환되며, 석유 수요는 2020년까지 지속적인 증가세를 보인 이후 안정세(9,500만b/d)를 보이고, 발전부문의 신재생에너지 발전비중은 2030년에 37%까지 상승하여 에너지부문의 온실가스 배출량은 2020년에 정점에 도달할 것으로 예상된다.

중단기 전략이 이행되면 경제의 에너지집약도 및 발전부문의 이산화탄소 집약도 모두 2020년까지 약 40% 개선될 전망이다. 중국은 에너지부문의 이산화탄소 배출량은 2020년까지 13억 tCO₂ 감소되어 경제성장률과 온실가스 배출량의 탈동조화가 달성될 것으로 예상된다. 중국의 탈동조화는 주로 산업용 수송차량 및 건물부문의 에너지효율 개선 및 가전제품과 조명의 효율기준 시행 등을 통해 달성될 것으로 보인다. 이미 온실가스 배출량 감소세에 접어든 국가에서는 경제성장률과 온실가스 배출량의 탈동조화가 가속화될 것으로 예상된다. 2020년까지 EU에서는 2억 1,000만 tCO₂의 온실가스 감축이 이루어질 것이며 감축은 대부분 에너지효율 개선을 통해 달성될 것으로 예상된다. 미국에서는 3억 6,000만 tCO₂의 배출량 감축이 신재생에너지 확대(감축량의 1/3)와 에너지효율 개선을 통해 달성되어 탈동조화가 현재 대비 약 30% 진전될 전망이다. 개도국에서는 경제성장률과 온실가스 배출량 증가율 연계가 약화될 것으로 전망된다. 인도는 에너지를 보다 효율적으로 사용



〈표 8〉 에너지부문의 중단기 온실가스 감축전략과 감축 가능량

지역 및 국가	연간 감축량 (2015~2030년)	감축수단	연간 감축량 비중 (2015~2030년)
중국	1,300 백만 tCO ₂	에너지효율 개선	49%
인도	400 백만 tCO ₂	발전부문	26%
EU	210 백만 tCO ₂	석탄발전소 폐지	(9%)
미국	360 백만 tCO ₂	신재생에너지 발전	(17%)
중동	550 백만 tCO ₂	화석연료 보조금 폐지	10%
아프리카	260 백만 tCO ₂	메탄배출 감소	15%
동남아시아	300 백만 tCO ₂	총 감축량	100%(48억 tCO ₂)

자료: IEA, World Energy Outlook Special Report : Energy and Climate Change, 2015에 의거하여 작성

하여 4억 tCO₂의 온실가스를 감축하여 온실가스 배출량 증가율을 둔화시킬 것이다. 중동(5억 5,000만 tCO₂) 및 아프리카(2억 6,000만 tCO₂)의 이산화탄소 감축은 석유 및 가스 생산과정의 메탄 발생 감축 및 화석연료에 대한 보조금 축소를 통해 달성될 것이며, 동아시아지역에서는 약 3억 tCO₂의 감축이 이루어질 것으로 예상된다.

중단기적인 전략을 통해 2030년까지 달성 가능한 이산화탄소 감축량은 자발적 기여 시나리오에 비해 2025년까지 연간 28억 tCO₂(약 -8%), 2030년까지 48억 tCO₂(약 -13%) 감축할 수 있을 것으로 전망된다. 이러한 감축량이 실현되면 세계 이산화탄소 배출량은 2020년에 정점에 도달한 이후에 감소추이로 전환될 것으로 전망된다. 그러나 이러한 감축이 실현되어도 2° 이내 온도상승 목표를 달성하기는 어려울 것으로 예상된다.

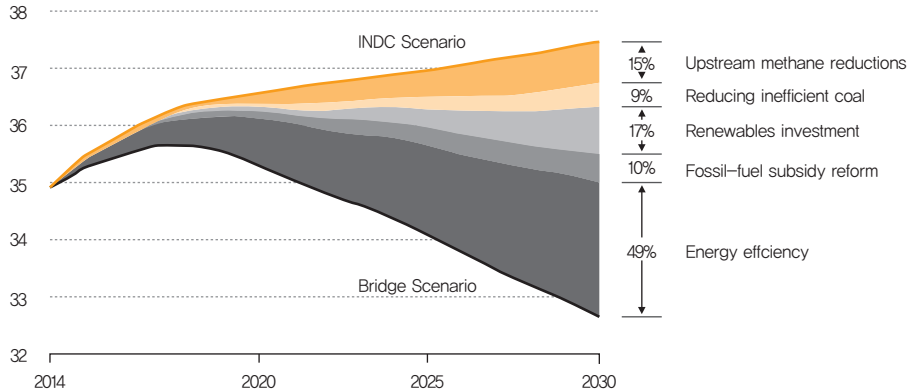
에너지효율 개선이 2030년까지의 온실가스 감축량의 약 49%를 차지하여 가장 큰 비중을 차지할 전망이다. 에너지효율 개선에 따른 감축량에는 화석연료 감소에 따른 직접 배출량 감축 뿐만 아니라 전력수요 감소에 따른 발전부문의 간접 배출량 감소도 포함되어 있다. 다

음으로는 발전부문이 전체 감축량의 약 16%를 차지할 것으로 전망되는데, 여기에는 저효율 석탄화력발전소의 폐지(약 9%)와 신재생에너지발전(17%) 확대에 따른 감축량이 포함되어 있다. 2020년까지는 주로 저효율의 석탄화력발전소 폐지가 발전부문 전체 온실가스 감축량의 절반을 차지할 것이며, 2020년 이후에는 신재생에너지발전 확대가 발전부문 감축량의 2/3를 차지할 것으로 예상된다. 상류부문의 메탄발생 감축은 2020년까지 전체 감축량의 약 11%, 2030년까지는 약 15%를 차지할 것이며 마지막으로 화석연료 보조금 폐지는 2030년까지 감축량의 약 10%를 차지할 것으로 전망된다.

UNEP도 자발적 기여 배출량과 2° 배출량과의 간극을 메우기 위해서는 에너지효율 개선을 적극적으로 추진해야 한다는 점을 강조하고 있다(UNEP, 2014). 에너지효율 개선으로 2030년까지 연간 25억~33억 tCO₂ 감축할 수 있을 것으로 예상하고 있다. 건물부문의 에너지효율 잠재력이 높은 분야는 냉난방, 가전제품, 건물 내 조명으로서 효율개선을 위해 연료가격 조정, 기준이나 인증제도 도입이 필요하다. 산업부문에서는 에너지진단, 보조금, 융자, 에너지절약 목표 설

[그림 6] 에너지부문의 중단기 감축수단별 이산화탄소 감축량

(단위: 십억 tCO₂)



자료: IEA, World Energy Outlook Special Report : Energy and Climate Change, 2015

정, 배출권거래제, 자발적 협약, 다양한 전력요금 적용이 필요하다. 수송부문의 에너지효율 개선을 위해서는 차량 연비기준 의무화, 라벨링, 세금, 인센티브 도입이 필요하며, 발전부문의 에너지효율 개선 방안은 경쟁 촉진, 탄소집약적 발전시설 폐쇄, 설계치 수준까지 석탄화력발전소 효율을 제고시키는 방안 등이다.

나. 에너지부문의 장기 온실가스 감축전략

2040년 이후의 장기적인 차원에서 에너지부문의 저탄소화를 추진하기 위해서는 현재 상업적으로 이용 가능한 다양한 신재생에너지와 청정자동차 등의 온실가스 감축기술을 적극적으로 확대하는 정책이 필요하다(IEA, WEO 2015). 다양한 신재생에너지 기술을 통합하면 기존 발전소, 에너지 저장시설, 수요측 설비 등을 연계한 전력망의 안정을 도모하기 위한 융통성이 필요할 것이다. 이러한 신재생에너지를 통해 2040년까지 총 370억 tCO₂를 감축할 수 있을 것으로 예상된다. 탄

소 포집 및 저장은 발전부문에 필수적인 감축수단으로서 2015~2040년 기간에 총 520억 tCO₂, 2040년에 연간 51억 tCO₂를 감축할 것으로 예상되어 동 기술은 보다 장기적인 기간에 온실가스 감축에 기여할 것으로 예상된다. 전기자동차와 바이오연료 사용 확대로 수송 부문 석유사용은 2040년까지 1,380만 b/d 감소하고 온실가스 배출량도 2015~2040년 기간에 115억 tCO₂ 감축될 것으로 예상된다. 전기자동차용 전력을 공급하는 전력망의 온실가스 배출계수가 하향되면 수송부문의 온실가스 배출량도 추가적으로 감소될 것으로 예상된다.

2050년까지의 보다 장기적인 에너지부문의 저탄소 전략에서도 에너지효율과 신재생에너지의 중요성이 강조되고 있다(IEA, ETP 2015). 최종소비부문의 전력과 화석에너지효율 개선이 2050년까지의 에너지부문 온실가스 감축 잠재량의 약 38%를 차지할 것으로 예상된다. 신재생에너지는 감축량의 약 30%를 차지하여 에너지효율과 함께 가장 많은 감축 잠재량을 갖고 있는



〈표 9〉 에너지부문의 장기 저탄소 기술 및 감축 가능량

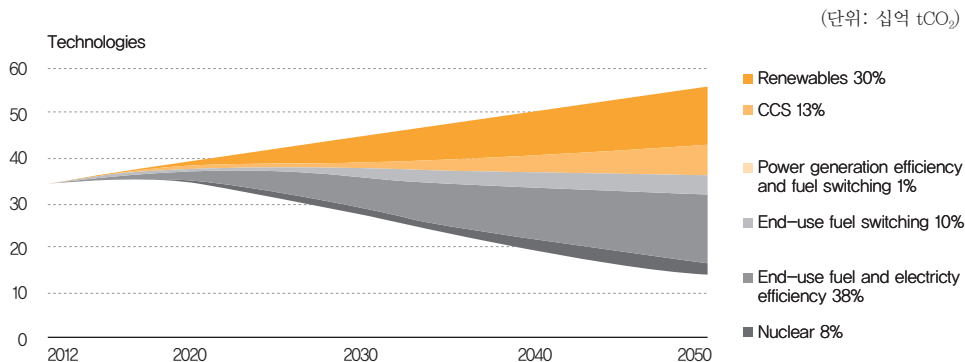
구분	기간 감축량(2015~2040년)
신재생에너지	370억 tCO ₂
탄소 포집 및 저장	520억 tCO ₂
청정자동차	115억 tCO ₂

자료: IEA, World Energy Outlook Special Report : Energy and Climate Change, 2015에 의거하여 작성

것으로 제시되었다. 탄소포집 및 저장은 약 13%, 연료 전환은 약 10%, 원자력은 약 8%의 잠재력을 갖고 있는 것으로 나타났다.

2050년까지의 에너지부문 저탄소 전략을 부문별로 보면, 발전부문이 전체 감축량의 약 40%를 차지하여 가장 큰 감축 잠재력을 갖고 있는 것으로 나타났다.

[그림 7] 2050년까지의 에너지부문 장기 감축수단별 이산화탄소 감축량

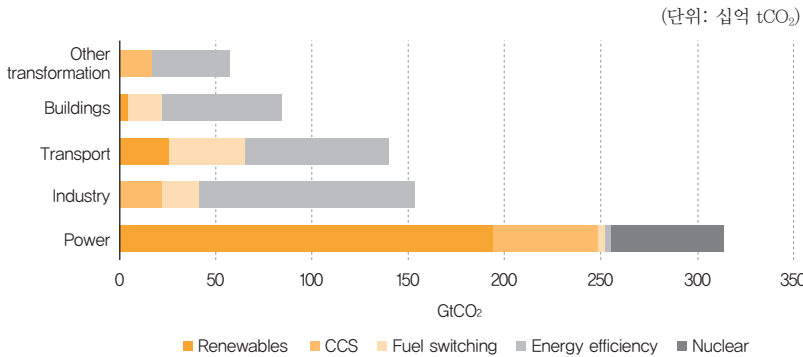


자료: IEA, Energy Technology Perspective, 2015

다. 발전부문의 주요 온실가스 감축수단은 신재생에너지 발전이며 원자력과 탄소 포집 및 저장이 다음의 중요한 감축수단이 될 것으로 예상된다. 전력은 산업부문과 가정 및 상업부문 에너지소비의 큰 비중을 차지하고 있기 때문에 발전부문의 저탄소화는 궁극적으로 이들 최종 소비부문의 저탄소화를 촉진시키게 될 것이다. 또한 저탄소 전력을 사용할 전기자동차와 히트 펌프가 온실가스 감축수단으로 활용될 수 있는 기회

를 제공하게 된다는 점에서 발전부문은 저탄소 전략에서 매우 중요한 감축부문이 될 것으로 예상된다. 산업부문과 수송부문도 각각 전체 감축 잠재량의 약 25%를 차지할 전망이다. 이들 부문에서는 에너지효율 개선이 가장 큰 감축수단이며 연료전환이 다음의 중요한 감축수단이 될 것으로 예상된다. 가정과 상업의 건물부문은 주로 에너지효율 개선을 통해 전체 감축 잠재량의 약 10% 정도를 차지할 전망이다.

[그림 8] 2050년까지 에너지부문의 부문별 감축 잠재량



자료: IEA, Energy Technology Perspective, 2015

결론적으로 보면, 에너지부문의 중단기 및 장기 온실가스 감축전략에서 에너지효율 개선과 신재생에너지가 가장 중요한 감축수단이며, 부문별로는 발전부문이 가장 중요한 저탄소화 달성의 관건으로 나타났다. 이러한 감축전략은 파리협정이 추구하고 있는 2° 이내 온도 목표를 달성하기 위해 가장 우선적으로 활용되어야 하는 전략이 될 것이다.

5. 정책적 시사점

파리협정에서 추구하고 있는 장기적인 지구온도 상승은 산업혁명 이전 대비 2° 내지 1.5°이다. 각국이 유엔에 제출한 2020년의 감축목표와 2030년의 자발적 기여를 성실하게 이행해도 2020년과 2030년까지 2° 목표의 배출경로를 달성하기 어려울 것으로 예상된다. 2030년의 경우, 각국이 제출한 감축목표를 27% 이상 강화시키고 의욕적으로 온실가스 감축을 추진한다면 2° 배출량에 진입할 수 있을 것으로 예상된다. 따라서 파리협정에 의해 도입된 5년 주기의 이행점검(global

stocktaking), 2년 주기로 실시되는 선진국 대상의 국제 평가 및 검토(IAR)와 개도국 대상의 국제 협의 및 분석(ICA)이 각국의 감축목표 상향조정에 간접적인 압력으로 작용할 것으로 예상된다.

에너지부문의 온실가스 배출량이 세계 온실가스 배출량의 가장 큰 비중을 차지하고 있기 때문에 각국이 유엔에 제출한 자발적 기여의 감축목표를 강화시키기 위해서는 에너지부문에서 저탄소화를 추진하는 것이 가장 효과적인 전략이다. 중단기적인 에너지부문의 전략으로는 에너지효율 개선이 파리협정이 추구하고 있는 2° 이내 온도상승 목표를 달성하는 데 가장 크게 기여할 수 있을 것으로 나타났다. 다음으로는 발전부문의 석탄화력발전소 폐지와 신재생에너지 발전 확대가 온실가스 감축에 큰 기여를 할 것으로 확인되었는데, 2020년까지는 주로 저효율의 석탄화력발전소 폐지가, 2020년 이후에는 신재생에너지 발전 확대가 발전부문 감축량의 대부분을 차지할 것으로 예상된다. 상류부문의 메탄 배출량 감축과 화석연료 보조금 폐지도 2° 달성에 기여할 것으로 전망된다.

2050년까지의 보다 장기적인 에너지부문의 저탄소



전략에서도 에너지효율과 신재생에너지가 중요한 전략으로 제시되고 있다. 최종소비부문의 전력과 화석에너지 사용의 효율 개선이 가장 크게 온실가스 감축에 기여할 것이며, 신재생에너지도 에너지효율과 함께 가장 많은 감축 잠재량을 갖고 있는 것으로 제시되었다. 탄소 포집 및 저장, 연료전환, 원자력도 장기 전략으로 제시되었다. 부문별로는 발전부문이 가장 큰 온실가스 감축 잠재력을 갖고 있는데 이는 신재생에너지 발전과 원자력, 탄소 포집 및 저장이 감축 잠재력을 실현시킬 것으로 예상된다. 전력은 산업부문과 가정 및 상업부문 에너지소비의 큰 비중을 차지하고 있기 때문에, 발전부문의 저탄소화는 궁극적으로 이들 최종 소비부문의 저탄소화를 촉진시키고 전기자동차와 히트펌프가 저탄소 전력을 사용하여 온실가스 감축수단으로 활용될 것으로 예상된다. 산업부문과 수송부문의 에너지효율 개선과 연료전환도 온실가스 감축에 기여할 것으로 제시되었다.

각국이 유엔에 제출한 자발적 기여를 성실하게 이행하고 추가적인 온실가스 감축전략을 실시한다면 세계 온실가스 배출량은 2020년에 정점에 도달한 이후 감소할 것으로 전망된다. 그러나 2014년 이후 세계 경제는 3% 이상 성장했음에도 불구하고 연료연소에 의한 세계 이산화탄소 배출량이 2년 연속 정체수준을 보이고 있어 경제성장과 온실가스 배출량 증가의 탈동조화 추이가 나타나고 있다. 대부분의 개도국에서는 온실가스 배출량이 증가했음에도 불구하고 세계 온실가스 다배출국인 중국과 미국의 배출량이 감소하여 세계 온실가스 배출량 감소를 이끈 것이다. 신재생에너지 발전의 지속적인 확대와 석탄사용의 감소가 이들 두 국가의 온실가스 감소요인으로 작용했으며, 부문별로는 발전부문의 배출량 감소가 세계 이산화탄소 배출량 감소에 결정적 기여를 한 것으로 나타났다. 따라서 최

근 2014년 이후의 세계 온실가스 배출량 추이가 지속된다면 세계 온실가스 배출량 정점시기가 2020년 이전으로 당겨질 가능성을 배제할 수 없다. 파리협정 체결과 함께 기후변화 문제에 대한 지구적 차원의 인식이 높아지고 있는 추이와 기후변화 정책이 보다 빠르게 추진될 것이라는 예상을 감안하면, 본고에 제시된 중단기적이고 장기적인 에너지부문의 저탄소 전략들이 예상보다 훨씬 빠르게 추진될 가능성이 있다. 이럴 경우 세계 온실가스 배출경로가 2030년에는 2° 배출경로에 진입할 수 있을 것으로 예상된다.

우리나라의 온실가스는 70% 이상 에너지부문에서 발생되기 때문에 온실가스 감축을 위해서는 에너지부문의 저탄소화가 필수적이다. 특히 발전부문의 저탄소화가 핵심이며 이를 위해서는 석탄화력발전소의 단계적인 폐지와 함께 신재생에너지 발전을 대폭 확대해야 한다. 송배전 손실과 송전망 건설에 대한 부담을 고려하면 분산형 전원의 개발도 동시에 추진할 필요가 있다. 수송부문의 저탄소화를 위해서는 전기자동차, 연료전지자동차와 같은 청정자동차의 적극적인 보급과 함께 수송용 화석연료를 바이오연료로 대체하는 정책도 동시에 추진할 필요가 있다. 에너지효율 개선은 지속적으로 추진해야 하며 산업부문의 저탄소화도 추진할 필요가 있다. 탄소 포집 및 저장은 우리나라 실정에 맞도록 연구개발과 실용화를 추진할 필요가 있다.

지속적인 경제성장과 함께 저탄소 사회를 구축하기 위해서는 온실가스 감축이 경제성장을 저해하지 않는 전략수립이 중요하다. 무엇보다 온실가스 감축기술에 대한 정부와 민간의 적극적인 기술개발이 선행되어 감축기술이 조기에 시장에 나올 수 있도록 비용을 절감시키는 것이 중요하다. 공공부문을 선두로 저탄소 기술의 적극적인 사용을 확대함으로써 대량 사용과 대량 생산에 따른 비용감축을 촉진시킬 필요가 있다. 아울러

리 저탄소 기술이 보급될 수 있는 수준의 탄소가격이 설정되어야 하는데, 우리나라는 이미 배출권 거래제도를 운영하고 있기 때문에 탄소가격 설정 여건은 갖추어져 있어서 적정 탄소가격을 설정할 수 있도록 제도를 운영할 필요가 있다.

파리협정에서 2020년까지 장기 저탄소 전략을 유엔에 제출하도록 권고하고 있기 때문에, 우리나라가 파리협정을 성실하게 이행하고 국제적인 온실가스 감축 노력에 적극적으로 참여하기 위해서는 장기 저탄소 전략 수립이 필요하다. 선진국들이 적극적으로 저탄소 전략을 제출할 것으로 예상되는데, 이는 장기 저탄소 전략이 개도국의 온실가스 감축행동을 촉진시켜 감축목표 상향과 같은 효과를 거둘 수 있을 것으로 기대되기 때문이다. 저탄소 전략은 에너지산업과 경제 전반에 큰 영향을 미치기 때문에 장기저탄소 전략에 대한 국민적 합의가 먼저 이루어질 필요가 있다. 이러한 장기비전에 입각해서 경제 시스템이 점진적으로 저탄소 사회를 향해 전환된다면 사회적인 혼란과 비용을 줄일 수 있을 것으로 예상된다.

- ____, global energy-related emissions of carbon dioxide stalled in 2014, 13 March 2015
- ____, Decoupling of global emissions and economic growth confirmed, 16 March 2016
- ____, Energy Technology Perspective, 2015
- ____, OECD energy production hits record high, but consumption and CO₂ emissions fall, 6 May 2016
- ____, Recent Trends in the OECD: Energy and CO₂ Emissions(2016 preliminary), May 2016
- UNEP, The Emissions Gap Report 2015, 2015
- UNFCCC, Synthesis report on the aggregate effect of the intended nationally determined contributions, 30 October 2015

〈웹사이트〉

- OECD홈페이지, <http://www.oecd.org>
- UNFCCC 홈페이지, <http://www.unfccc.int>

참고문헌

〈국내 문헌〉

- 에너지경제연구원, “최근 세계 온실가스 배출추이와 시사점,” 『세계 에너지시장 인사이트』, 2016.2.7
- 온실가스정보센터, 2015 국가 온실가스 인벤토리 보고서, 2015.12

〈외국 문헌〉

- IEA, World Energy Outlook Special Report: Energy and Climate Change, 2015